



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**MAGISTER EN MATEMÁTICA MENCIÓN MODELACIÓN MATEMÁTICA**

**TÍTULO DEL PROYECTO**

**PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO AL PRONÓSTICO DE  
PRODUCCIÓN UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES APLICADO  
A UNA FÁBRICA DE GALLETA DE SAL DE 100x67 gr.**

**AUTOR**

Ing. Bolívar Rosendo Duchi Ortega

**TUTOR**

Ing. Jair Manuel Vistín Vistín Msc.

**MILAGRO, junio del 2022**

**ECUADOR**

## ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por **el Sr. Bolívar Rosendo Duchí Ortega**, para optar al título de **Magister en Ciencias Matemáticas** y que acepto tutorar la estudiante, durante la etapa del desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, a los 22 días del mes de abril de 2022



NOMBRE: Ing. Jair Manuel Vistín. MSc

CÉDULA: 0201566155

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declara ante el Consejo Directivo del Departamento de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de mi propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título o Grado de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 22 días del mes de abril de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**BOLIVAR ROSENDO  
DUCHI ORTEGA**

---

Lcdo. Bolívar Rosendo Duchí Ortega  
C.I. 0915316640

# CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA EI TRIBUNAL CALIFICADOR

## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO ACTA DE DEFENSA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER EN MATEMÁTICA MENCIÓN MODELACIÓN MATEMÁTICA

En la ciudad de Milagro, a los veinticuatro días del mes de junio del dos mil veintidos, siendo las 14:00 horas, bajo la modalidad PRESENCIAL, comparece el/la maestrante, LCDO. DUCHI ORTEGA BOLIVAR ROSENDO, a defender el Trabajo de Titulación (INFORMES DE INVESTIGACIÓN) cuyo tema es: "PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO AL PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES APLICADO A UNA FÁBRICA DE GALLETA DE SAL DE 100\*67 G", ante el Tribunal integrado por: Mgs VISTIN VISTIN JAIR MANUEL, Tutor/a del trabajo de titulación; Mgr. REYES BACARDI ARISTIDES, en calidad de Presidente/a del Tribunal; y, Phd. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO, docente que actúa como Secretario/a del Tribunal.

Una vez examinado la/el maestrante compareciente, de acuerdo a las disposiciones legales, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: **97.67** equivalente a: **EXCELENTE**, el Tribunal Examinador le confirió la aprobación de la sustentación de su trabajo de titulación. Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto los miembros integrantes de este tribunal, y la/el maestrante sustentante, siendo las 15:30.



Firmado digitalmente por:  
**JAIR MANUEL  
VISTIN**

Mgs VISTIN VISTIN JAIR MANUEL  
DIRECTOR/A DE TFM



Firmado digitalmente por:  
**ARISTIDES  
REYES**

Mgr. REYES BACARDI ARISTIDES  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:  
**JUAN DIEGO  
VALENZUELA  
COBOS**

Phd. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:  
**BOLIVAR ROSENDO  
DUCHI ORTEGA**

LCDO. DUCHI ORTEGA BOLIVAR ROSENDO  
MAGISTER

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Señor Doctor

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro Presente.

Ciudad. -

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue **“PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO AL PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES APLICADO A UNA FÁBRICA DE GALLETA DE SAL DE 100x67 gr.”** y que corresponde al Instituto de Posgrado y Educación Continua.

Milagro, a los 22 días del mes de abril del 2022



Firmado electrónicamente por:  
**BOLIVAR ROSENDO  
DUCHI ORTEGA**

---

Lcdo. Bolívar Rosendo Duchi Ortega

C.I. 0915316640

## **DEDICATORIA**

A mis hijos por el tiempo que les he robado para poder seguir creciendo y preparándome a nivel profesional, también a mi madre que siempre he tenido el apoyo de ella durante toda mi vida.

Lcdo. Bolívar Rosendo Duchi Ortega

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios que me ha dado salud y mucha energía para poder concluir una meta más y a mis queridos profesores que con sus enseñanzas me ayudaron a crecer intelectualmente para seguir con mi vida profesional con mayores herramientas para desenvolverme de la mejor manera.

Lcdo. Bolívar Rosendo Duchi Ortega

# ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO .....	i
ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA EI TRIBUNAL CALIFICADOR .....	iv
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRAC.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	5
PROBLEMA .....	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Formulación del problema .....	7
1.3 Preguntas de investigación.....	7
1.4 Delimitación del problema .....	7
1.5 Objetivos.....	8
1.5.1 Objetivo General .....	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
1.6 Justificación e importancia.....	8
1.7 Conceptualización y operacionalización de variables .....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Modelo matemático.....	10
2.1.1 Pronóstico de producción .....	11
2.1.2 Redes neuronales artificiales.....	13
2.2 Marco Conceptual .....	19
2.3 Marco referencial .....	20
CAPTULO III' .....	24
METODOLOGÍA.....	24



3.1. Tipo de investigación .....	24
3.2 Diseño de la investigación .....	24
3.3 Población y muestra .....	25
3.4 Sistema de variables .....	25
3.4.1 Variable dependiente .....	25
3.4.2 Variables independiente .....	25
3.5 Métodos, técnicas, sistema para análisis de datos .....	27
3.5.1 Métodos de pronósticos .....	27
3.5.2 Técnica.....	27
3.5.3 Herramienta .....	27
3.5.4 Fuente.....	28
3.6 Metodología .....	28
CAPITULO IV .....	29
PROPUESTA .....	29
4.1. Selección de la variable .....	29
4.2. Toma de datos .....	29
4.3. Preprocesamiento de datos .....	29
4.4. Tareas de entrenamiento, validación y prueba.....	30
4.5. Arquitectura de la red neuronal.....	31
4.6. Topología de la red .....	34
4.7. Criterios de evaluación .....	35
4.8. Entrenamiento de la red neuronal.....	36
4.9. Ponderaciones sinápticas. ....	36
4.10. Gráfico de pronosticados por observados .....	37
4.11. Gráfico de residuos por pronosticado.....	38
4.12. Importancia del predictor .....	39
4.13. Validación de la red con datos de prueba .....	41
CONCLUSIONES .....	43
RECOMENDACIONES .....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de medida para la variable dependiente.....	25
Tabla 2. Parámetros de valoración de la variable programación de producción programada, .....	26
Tabla 3 Parámetros para la valoración de la variable horas laborables planificadas.....	26
Tabla 4 Parámetros de valoración de la variable paradas no programadas.....	27
Tabla 5 Pasos del método general del pronóstico .....	27
Tabla 6 Resumen del procedimiento del caso .....	31
Tabla 7 Información de red .....	35
Tabla 8 Resumen del modelo.....	36
Tabla 9 Estimaciones de parámetros .....	37
Tabla 10 Importancia de las variables independientes .....	40
Tabla 11 Cantidad de producción real (CPR) vs la Cantidad de producción real dado por la red neuronal CPR_RNA .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Neurona artificial .....	16
Figura 2 Estructura de la red neuronal artificial de disposición de las capas de nodos.....	17
Figura 3 Función tangencial hiperbólica .....	33
Figura 4 Función lineal o identidad.....	34
Figura 5 Topología de red .....	34
Figura 6 Pronóstico por observados.....	38
Figura 7 Residuos por pronósticos .....	39
Figura 8 Importancia de la variable independiente .....	40
Figura 9 Comparación entre CPR_RNA - CPR .....	42

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue elaborar un modelo matemático utilizando Redes Neuronales Artificiales para el pronóstico de la producción en una fábrica de galleta de sal de presentación 100x67 gr. La metodología del proceso investigativo tuvo un enfoque cuantitativo, se usó investigación exploratoria para determinar los factores que influyen en la producción.

Para la formulación del modelo se utilizó el método general de diseño de pronóstico considerando las variables, cantidad de producción real, producción programada, horas laborables planificadas y paras no programadas.

El principal resultado fue la elaboración del modelo matemático para predecir la producción en una fábrica de galleta de sal de presentación 100x67gr. empleando Redes Neuronales Artificiales.

**Palabras Claves:** Modelo matemático, Redes Neuronales Artificiales, producción, pronóstico.

## **ABSTRAC**

The objective of the research was to develop a mathematical model applied to the production forecast in a 100x67 gr. presentation cracker factory using Artificial Neural Networks. The methodology of the investigative process had a qualitative approach applied in this investigation was of the qualitative current, for the purpose it was used of the investigation applied by the exploratory level; based on the historical method that allowed to determine the factors that influence production and about the variability of the factors and their incidence in production and for the formulation of the model the general method of forecast design was used considering the variables based on the amounts; of real production, scheduled production, planned working hours, unscheduled brownies, The main result was the development of the mathematical model to predict production in a 100x67 gr. presentation cracker factory using Artificial Neural Networks.

**Keywords:** Mathematical model, Artificial Neural Networks, production, forecast

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, propone un modelo matemático aplicado al pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de galleta de sal de 100x67 gr. Para ello se toma en consideración, que las empresas en el proceso de la administración continua para su optimización deberían conceptualizar la metodología para implementar un proceso integral de planificación de operaciones, las entradas y salidas que tiene cada proceso como parte integral del proyecto, empezando con la zona comercial con una previsión de ventas deseada, el área de manufactura potencializando su producción y superando las limitaciones, la zona de logística, la mejora de las acciones de envío y almacenamiento, de compras con organización de suministros y la parte financiera con un presupuesto de para costos e inversiones. Lo descrito determina que las organizaciones tengan la función de predecir el comportamiento del mercado de forma expedito, apropiada y sin errores; por consiguiente, en el momento de hacer previsiones, se necesita considerar una secuencia de componentes que de una manera u otra tienen la posibilidad de incidir en el proceso de producción; por ejemplo: historial de producción, tiempo anhelado de parada, tiempo de inacción no planificado. Para ello la planificación del inventario se ha transformado en un requisito para que las empresas mantengan su capacidad de planeación de una forma positiva las operaciones logísticas para su administración provechosa y venta.

En este proceso en la empresa se han observado inconvenientes tales como por ejemplo: demandas perdidas ocurren a menudo de manera imprevista; para la microempresa, hay dos inconvenientes serios: las fallas de idealización en el proceso de producción, debido a que el responsable de la planificación/proyección no es un experto en esta área, sino que únicamente estima los peticiones mensuales, y las ordenes dada por el propietario; otro inconveniente conducen directa e de forma indirecta a la ejecución de la planeación de la producción, esto hace que el responsable de la producción ha considerado producir más de lo necesario. Sin embargo, si el volumen de producción es elevado, hay costos de inventario y almacenamiento, y la compañía pierde dinero. ya que tiene que asumir los costos de almacenamiento, y los productos no vendidos representan gastos por materia prima y salarios.

Para ello se expone una solución al problema de la mala o poco eficiente administración de planeación de producción, se propone un modelo matemático que ayude en la administración de la idealización, este modelo no solo debería tener en importancia el histórico de la planeación o lo cual se quiere crear, sino que también debería permitir poder integrar los componentes que inciden en la producción, como podría ser el tiempo de trabajo.

La fundamentación epistemológica se basa en la conceptualización de modelado matemático de un fenómeno real en general, es necesario simplificarlo tanto como sea posible, separar varios fenómenos relacionados y derivar los más importantes y simples, analizar los componentes, la parte e incluso, en ocasiones, el modelado ideal o abstracto. De la misma manera se define que para la formulación del proyecto está en obtener los datos, si ya se obtienen primero se debe verificar que sean aptos para modelar, observando el margen de error y similitud entre los datos y la información brindada sobre el fenómeno; para una recopilación de datos completa, se deberá simplificar y extraer información, es necesario o adaptable que facilite determinar las variables principales que se obtuvo de los datos recopilados; en la acción de recopilar o revisar los datos es pertinente tomar en cuenta la idoneidad del recuento en base a dos con juntos de datos o información, el uno que uno aportará a la construcción del modelo y el otro permitirá su validación; confirmar los datos lleva a la identificación de las variables, tanto la dependiente como la independiente, sería conveniente la realización de aplicar el proceso de comprobación de hipótesis; identificar las leyes existentes, incluidas en el lenguaje matemático, expresadas en el lenguaje matemático, que presiden un fenómeno u otro fenómeno de características similares; optar por un modelo matemático, acreditado más simple que describa al fenómeno o a su vez, integrar un modelo ya conocido, que admita aquellas características innovadoras deseadas.

Redes neuronales artificiales consiste en la utilización de máquinas facilita la implementación de algoritmos, que llevan a la solución de varios problemas, en tiempos pasados eran difícil de resolverlos. Estos hechos permitieron considerar que las redes neuronales, únicamente son una forma de imitar ciertos rasgos de los humanos, tales como la capacidad de recordar y la de relacional ciertos hechos.

Según su estructura y antecedentes, las “redes neuronales artificiales” tienen un sinnúmero de propiedades similares a las redes neuronales cerebrales. Entre las ventajas que describe Matich (2001): aprendizaje adaptativo: este aprendizaje se relaciona con las capacidades de aprendizaje para la realización de tareas en base a la experiencia o formación del inicio; Autorregulación: la “red neuronal puede crear su propia organización” o procesar aquella información que en la fase de aprendizaje; los elementos de educación física generalmente se organizan en grupo llamados niveles o categorías., Una de las formas típicas de la red consta de un conjunto de capas seriadas las que están conectadas de forma sucesiva a las capas adyacentes.

El proceso metodológico investigativo utilizó la investigación aplicada la que permitió un conocimiento de la realidad referente a la planificación de la producción, datos con los que llevó a la formulación del modelo cuyo fin es el de mejorar el pronóstico en los procesos de producción. La modalidad de estudio de fundamento en la investigación documental o bibliográfica y de campo: la investigación documental permitió fundamentar la investigación y base al conocimiento epistemológico de las variables de estudio La modalidad de campo facilitó la recolección de los datos históricos de la producción en y el de comprender el estado situacional de la empresa.

El diseño de la investigación es de tipo longitudinal, el que se basó en la toma de los datos de producción, de varios periodos de tiempo (años) anteriores, relacionados con los niveles y volúmenes de producción y mercadeo de galletas de sal en presentación de 100x67gr.; aspectos fundamentales para los datos de entrada en la construcción de modelo matemático, de pronóstico de producción de galletas de sal 100x67gr., con el uso de redes neuronales.

La variable dependiente Producción; corresponde a volumen de producción (cantidad de producción real) CPR en Kg, la información de esta variable se consideró de los datos registrados y proporcionados por la empresa, datos reales en Kg de galletas de sal en presentación de 100x67gr. Las variables independientes de Modelo matemático de pronóstico que explican la cantidad de producción programada; para ello se considera parámetros como, demanda del mercado y la producción real, planificación del período, en base a cuatro variables en base a las cantidades; de producción real, producción programada, horas laborables planificadas, para no



programadas, que corresponde a la cantidad de kg de producto de galleta de sal de presentación de 100x67 gr. que la empresa desea o espera producir, ese es el valor teórico, deseado o planificado.

El principal resultado la elaboración del modelo matemático para predecir la producción en una fábrica de galleta de sal de presentación 100x67 gr. empleando Redes Neuronales Artificiales. Propuesta que, para el diseño del modelo matemático, se basó se utilizó la metodología presentada por Kaastra y Boyd (1996), utilizada para el diseño de pronóstico usando redes neuronales artificiales (Kaastr & Boyd, 1996), Esta metodología está compuesta por ocho pasos para la implementación del modelo de redes neuronales artificiales.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

Las empresas en la gestión continua para su mejora debe definir la metodología para implementa un procesos integral de planificación de operaciones, las entradas y salidas que tiene cada proceso como parte integral del plan, comenzando con el área comercial con una previsión de ventas estimada, la zona de manufactura con capacidades de producción y restricciones, el área de logística con capacidades de envío y almacenamiento, de compras con planificación de suministros y la parte financiera con un presupuesto de para gastos e inversiones. (Félix, López, & González, 2011)

Es crucial que las empresas nacionales tengan la capacidad de predecir el comportamiento del mercado de manera ágil, oportuna y sin errores; Por tanto, a la hora de realizar previsiones, es necesario tener en cuenta una serie de factores que de una forma u otra pueden afectar el proceso de producción, tales como: historial de producción, tiempo esperado de parada, tiempo de inactividad no planificado. máquinas, horas reales trabajadas, etc. (Morales, Cabrera, Vazquez, & Caballer, 2016)

Actualmente, las industrias alimentarias han desarrollado sus propios procesos industriales que las orientan al manejo, transformación, conservación y envasado de sus productos. Esto le ha permitido desarrollar un papel significativo en la economía mundial, representando exitosamente el 30% crecimiento de la economía generado por los países industrializados. Gran parte de este aumento se debe a la demanda de productos como bebidas y alimentos procesados. (Berkowitz, 1998)

El motivo principal de ingresos que representa la economía ecuatoriana es la industria manufacturera, donde los principales productos industriales son las bebidas y alimentos, que representan el 6,3% de las importaciones y representan un mayor PIB (FAO & CEPAL, 2020). La planificación de inventario se ha transformado en un requisito para que las empresas industriales mantengan su capacidad de planificación de una manera efectiva las operaciones logísticas para su gestión productiva y comercialización (Valencia Cárdenas, González, & Cardona, 2014)

Para entrar en contexto, la microempresa se dedica a la producción de galletas de sal de presentación 100x67gr., cuyos productos son vendidos y distribuidos entre tiendas minoristas y en ocasiones el llevado por otros microempresarios a ser comercializado en tiendas de otras ciudades.

Como microempresa, problemas tales como pedidos perdidos ocurren con frecuencia, por lo que, para las microempresas, existen dos problemas serios:

1. Cumplimiento de pedidos con altos costos laborales debido a horas extras.
2. Realización de pedidos y luego son cancelados debido a que no se entregan a tiempo y como resultado se pierde clientela.

Este estudio se centra en el tema de las fallas de planificación en el proceso de producción, ya que el responsable de la planificación/proyección no es un experto en esta área, sino que solo considera los pedidos mensuales, y las ordenes dada por el dueño.

La microempresa presente varios problemas, entre ellos: la rotación de personal, ausentismo por diversas razones, tiempo de inactividad de la máquina por mantenimiento de equipos, etc. Todos estos y otros problemas conducen directa e indirectamente a la ejecución de la planificación de la producción.

La persona encargada de la producción ha considerado la posibilidad de producir un poco más de lo indicado. Sin embargo, las acciones emprendidas han provocado otros problemas. Dado que las microempresas pierden dinero de dos formas: sufren pérdidas por los costos de oportunidad si producen menos de la demanda del mercado. Por otro lado, si el volumen de producción es alto, hay costos de inventario y almacenamiento, y la empresa pierde dinero porque tiene que asumir los costos de almacenamiento, y los bienes no vendidos representan el pago por materias primas y salarios.

La presente investigación plantea una solución al problema de la mala o poco eficiente gestión de planificación de producción, se plantea el desarrollo de un modelo matemático que ayude en la gestión de la planificación, este modelo no solo debe tener en consideración el histórico de la planificación o lo que se desea producir, sino

que además debe permitir poder incluir los factores que inciden en la producción, como puede ser el tiempo de trabajo, el tiempo de para de máquinas.

Para la realización de este modelo matemático, se planteó considerar la metodología de “redes neuronales artificiales”, en razón que esta permite encontrar una relación entre las distintas variables de entrada y la variable de salida.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo la metodología de “redes neuronales artificiales” facilita una efectiva construcción de un modelo matemático aplicado a la planificación(pronóstico) de producción en una fábrica de galleta de sal de presentación 100x67 gr.?

## **1.3 Preguntas de investigación**

- ¿Es posible identificar los factores que influyen en la producción de galletas de sal de presentación 100x67gr. analizando los componentes del modelo matemático?
- ¿Es posible analizar la variabilidad de cada factor que afecta la producción de galletas de presentación 100x67gr.?
- ¿Es posible crear un modelo matemático adecuado que permita una predicción ágil de la producción aplicándolo a una fábrica de galletas de sal de presentación de 100x67gr. utilizando una Red Neuronal Artificial?

## **1.4 Delimitación del problema**

Con la continua gran variabilidad entre la producción planificada y la realizada, se demuestra que la microempresa incurre en pérdidas económicas. Se debe reconocer que ningún modelo de pronóstico es 100% exacto o preciso, y que la variación o inexactitud es normal, pero con esta tesis se desea desarrollar un modelo matemático que cuya diferencia entre la producción planificada y la producción producida sea lo menor posible. Al minimizar este error la microempresa mejorará sus ingresos y podrá mejorar su posicionamiento en el mercado local.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Elaborar un modelo matemático aplicado al pronóstico de producción en una fábrica de galleta de sal de presentación 100x67 gr. utilizando Redes Neuronales Artificiales.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los factores que influyen en la producción de galleta de sal de presentación 100x67 gr.
- Realizar un estudio acerca de la variabilidad de cada factor que incide en la producción de galleta de sal de presentación 100x67 gr.
- Elaborar un modelo matemático para predecir la producción en una fábrica de galleta de sal de presentación 100x67 gr. empleando Redes Neuronales Artificiales

## **1.6 Justificación e importancia**

La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un modelo matemático que permita a la microempresa poder pronosticar de forma más precisa su producción mensual, reduciendo la incertidumbre.

En la actualidad debido a los vendedores informales, se produce una gran demanda del producto la cual debe ser satisfecha de forma oportuna por la microempresa, adicionalmente si se tiene en cuenta los productos de competencia que entran por la frontera de forma ilegal, y en ocasiones a un precio menos que el nacional. Resulta de gran importancia para la microempresa poder satisfacer de forma oportuna, ágil la demanda de sus clientes.

Por lo tanto, resulta de vital importancia para la microempresa contar con un modelo matemático aplicado al pronóstico de producción que tome en consideración los comportamientos cambiantes de la demanda de los productos por parte de los consumidores, así como: horas reales trabajadas (Hr), horas de paras no programadas (Hr), horas de paras programadas (Hr), horas hombres trabajadas (HH), retribución (kg).

## 1.7 Conceptualización y operacionalización de variables

**Variable independiente:** redes neuronales artificiales.

**Definición conceptual:** Las redes neuronales artificiales son un paradigma de procesamiento y aprendizaje automático inspirado en el funcionamiento del sistema nervioso.

### Indicadores

- Valor de confirmación o validación (admisión de resultado o derivaciones y resultado logrado por la red).
- Valor de error cuadrático medio (desliz o errores de ejercicio o entrenamiento de la red).

### Técnica

- Prueba de ajuste.
- Valor dado por la red.

**Variable dependiente:** producción.

**Definición conceptual:** El pronóstico es la cantidad de kg de galletas de sal de presentación 100x67 gr. que debe de producir la empresa.

### Indicadores

- Cantidad de datos (el total de número de datos);
- Máximo valor (el número con valor mayor de los datos);
- Mínimo valor (el número con valor mayor de los datos);

### Técnica

Registro de datos históricos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Modelo matemático

Un objetivo importante del modelado matemático es el de aportar a entender los fenómenos del mundo real, para ello, al comienzo del modelado, se hace preciso saber cómo seleccionar y definir sistemáticamente los problemas de investigación. En efecto, entender por qué el modelo matemático es considerado como estos fenómenos reales don tan complicados, que para el estudio requiere diferentes enfoques y ha dado lugar a distintas ciencias que se han desarrollado a lo largo de los años y siglos para lograr la expresión actual. El modelado matemático o modelado matemático es un proceso sistémico lógico de crear modelos matemáticos para representar fenómenos de la vida real. (Cervantes, 2015)

Un modelo matemático es como “una simple representación de la realidad, mediante el uso de funciones que describen su comportamiento o ecuaciones que representan sus relaciones” (Bocco, 2010). Los modelos matemáticos son técnicas que pueden representar todos los comportamientos o alternativas con ecuaciones matemáticas cuyas variables han sido predeterminadas según la investigación a realizar, (Moreno, 2019)

Para el modelado matemático de un fenómeno real en general, es necesario simplificarlo tanto como sea posible, separar varios fenómenos relacionados y derivar los más importantes y simples, analizar los componentes, la parte e incluso, en ocasiones, el modelado ideal o abstracto. por el fenómeno. (Cervantes, 2015)

A continuación, se detallan el procedimiento que se deberá cumplir para la elaboración de un modelo matemático:

- Si ya se obtienen los datos, primero se debe verificar que sean aptos para modelar, observando el margen de error y similitud entre los datos y la información brindada sobre el fenómeno;
- Si no hay datos disponibles o si hay pocos y existe la oportunidad de obtener más, se debe trabajar con otros expertos, utilizando cierto conocimiento de estadística, es la manera efectiva de considerar las observaciones o las experimentaciones. Para una recopilación de datos completa, se deberá

simplificar y extraer información, es necesario o adaptable que facilite determinar las variables principales que se obtuvo de los datos recopilados;

- En la acción de recopilar o revisar los datos es pertinente tomar en cuenta la idoneidad del recuento en base a dos con juntos de datos o información, el uno que uno aportará a la construcción del modelo y el otro permitirá su validación;
- Confirmar los datos lleva a la identificación de las variables, tanto la dependiente como la independiente, sería conveniente la realización de aplicar el proceso de comprobación de hipótesis;
- Identificar las leyes existentes, incluidas en el lenguaje matemático, expresadas en el lenguaje matemático, que presiden un fenómeno u otro fenómeno de características similares;
- Optar por un modelo matemático, acreditado más simple que describa al fenómeno o a su vez, integrar un modelo ya conocido, que admita aquellas características innovadoras deseadas.

Los modelos matemáticos considerados simples son aquellos que se formulan directamente, mediante una función, que se obtiene por interpolación, pero en una gran mayoría de veces, en vez de estas funciones, se registra información en las que se toma en cuenta otras características, como las de generar informes de cambios. (Cervantes, 2015)

Las matemáticas ofrecen herramientas ilimitadas, incluido “el uso de modelos que permiten un mejor análisis de la situación. Estos modelos utilizan lenguaje matemático para lograr esta representación y también aconsejan sobre la mejor decisión para el resultado”. (Narro, 1996)

### **2.1.1 Pronóstico de producción**

Actualmente, las empresas buscan mejorar las operaciones en la totalidad de las áreas el área de su estructuración organizativa, en la que alguna manera utilizando definiciones e instrumentales de gestión de proceso. Es importante tomar en cuenta, que actualmente se ha considerado el valor de una metodología integrada con un enfoque particular en los vínculos del conjunto de suministros. Para la optimización de estos procesos, es necesarios una gestión efectiva de aquellos procedimientos vitales, entre ellos la valoración de la demanda, la planificación de productos terminados, la



planificación de los insumos y materiales para la producción y entrega y la planificación de producción. (Rubio, 2017)

Las empresas, al planificar, utilizan los pronósticos como preludeo para establecer sus objetivos, que estos sean reales, o si son difíciles de identificar, permitir el uso estrategias adecuadas para llegar a ellos (Montemayor, 2013)

- Existen varios métodos para evaluar los pronósticos, estos pueden ser cuantitativos y cualitativos;
- Los métodos de pronóstico cualitativo se utilizan cuando no se dispone de datos históricos y para realizar pronósticos a largo plazo en general. Estos métodos se basan en opinión experta;
- Cuando se tiene datos históricos, los métodos de pronóstico más utilizados son los cuantitativos. Entre estos se encuentran los métodos invariados y multivariados. El método invariado asume que la variable estudiada depende de sus niveles pasados. Por otro lado, el método multivariante asume que el comportamiento de la variable en estudio se puede determinar a partir de los niveles de otras variables controladas. (Montemayor Gallegos, 2013):

El alto crecimiento de la demanda de una amplia variedad de bienes y servicios requiere que los fabricantes implementen procesos para la producción altamente precisos y modificables orientado a optimizar al máximo los recursos y materiales y el esfuerzo y cumplir con los tiempos de entrega de los clientes. “La intuición, el conocimiento y la información disponible son esenciales para crear pronósticos que minimicen los cambios”. (Moreno, 2019). Pronosticar la demanda futura en ventas. Es una acción altamente compleja, a la que se logra reducirle utilizando información del mercado, los movimientos de inventario o recibos de ventas pasadas como fuentes de datos.

De igual forma, es importante resaltar que la previsión está relacionada con la gestión y manejo de inventarios, estos aspectos juegan un papel preponderante en la competitividad de las empresas, en razón que los costos de inventarios asumen aproximadamente el 50% de la totalidad de los costos de los procesos logísticos y reducirlos a niveles óptimos puede incrementar significativamente la rentabilidad en inversión. (Burgaentzle, 2016)

En razón de la alta competencia en el ámbito comercial presente en la actualidad, una gran cantidad de empresas industriales buscan constantemente incrementar las utilidades minimizando al máximo sus costos. Para ello la forma de lograrlo es una efectiva planificación para atender el requerimiento del mercado, al igual de una eficaz previsión de ventas. En el caso de la industria alimentaria en particular, las previsiones de ventas acertadas tienen una gran ventaja en razón al poco tiempo de vida útil y a la elevada importancia de un producto de calidad referente a la salud. (Burgaentzle, 2016)

### **2.1.2 Redes neuronales artificiales**

Los humanos siempre han marcado un camino de constante búsqueda de nuevas maneras para la mejora de las condiciones de vida. Todos estos esfuerzos han contribuido a reducir el empleo de mano de obra en operaciones en las que la fuerza labor, es un elemento importante. Así también los avances puestos de manifiesto han ayudado a dirigir estos esfuerzos a otras áreas, como la creación de computadoras computacionales que pueden resolver rápida y automáticamente algunas operaciones tediosas a medida que se realizan manualmente. (Matich, 2001)

La utilización de máquinas facilita la implementación de algoritmos, que llevan a la solución de varios problemas, en tiempos pasados eran difícil de resolverlos. Pese a estos. Se observó la presencia de limitaciones influyentes, Sin embargo, se notó una limitación importante: Por ello hace necesarios reflexionar a la siguiente inquietud ¿qué sucederá el momento que el problema necesario a resolver, en el caso que no acepta el no acepta el procesamiento del algoritmo establecidos, con es el de la clasificación de los objetos considerando las propiedades comunes?. Este planteamiento muestra, el requerimiento de la construcción de nuevas máquinas y más flexibles, con las que se abordará los problemas basados en una perspectiva diferente. (Matich, 2001)

El actual desarrollo y a avance científico, está orientado a estudio de las capacidades de los humanos, generadoras de ideas nuevas para diseñar nuevos prototipos de maquinarias. Es así que la Inteligencia artificial (IA) es un aporte para el descubrimiento y la descripción los aspectos relacionados con la inteligencia de los

humanos, las que podría tener similitudes a través de máquinas. La IA ha visibilizado un avance con fuerza en estos últimos tiempos, con aplicaciones en determinadas áreas entre estas el del visón por computador, prueba de teorías, establecimiento de información generada a través del lenguaje humano, etc. (Matich, 2001)

Los hechos no permiten considerar que las redes neuronales, únicamente son una forma de imitar ciertos rasgos de los humanos, tales como la capacidad de recordar y la de relacionar ciertos hechos. Al echar un vistazo detenidamente los problemas que no pueden ser expresados por un algoritmo, veremos que todos tienen una cosa en común: la experiencia. Las personas pueden manejar estas situaciones utilizando la experiencia acumulada. Obviamente, una forma de lidiar con el problema es construir sistemas que sean capaces de replicar este espíritu humano. (Matich, 2001)

En las la RNA, Artificial Neural Networks, ANN), la unidad biológica similar “a una neurona es el elemento procesador”. Este elemento procesador toma múltiples “entradas y las combinaciones”, generalmente mediante la adición o suma. Esta modificación de las sumas de entradas se genera la acción de transferencia, en cambio la suma de salida se relaciona con la acción de traslado, ya que estas trasladan de manera directa a la salida del procesador. “La salida de la PE puede conectarse a las entradas de otras neuronas artificiales (PE) mediante conexiones con pesos correspondientes a la eficiencia sináptica de las sinapsis.” (Basogain, 2019)

Según su estructura y antecedentes, las “redes neuronales artificiales” tienen un sinnúmero de propiedades similares a las redes neuronales cerebrales. Por ejemplo, pueden generar aprendizajes en base a las experiencias, para ello se debe generalizar de casos ocurridos en el pasado en otros nuevos, quitar ciertas propiedades elementales de los objetos, que aportan con relevante información. Lo dicho significa que se presentan altas ventajas, con la que al usar la tecnología esta posibilita su aplicación en múltiples áreas. (Matich, 2001)

Entre las ventajas que describe Matich (2001):

- Aprendizaje adaptativo: este aprendizaje se relaciona con las capacidades de aprendizaje para la realización de tareas en base a las experiencias o formación del inicio;
- Autorregulación: la “red neuronal puede crear su propia organización” o procesar aquella información que en la fase de aprendizaje;
- Tolerancia a fallas: la destrucción de una parte de la red lleva un desgaste o deterioro de su estructura; Pero se debe indicar que varias capacidades de la red mantienen su conservación, inclusive durante una falla crítica;
- Trabajo (operación en tiempo real: se relaciona con aquellos cálculos neurológicos que admiten ser realizados de forma paralela, para ello, se han diseñado y fabricado equipos con materiales especiales que permiten lograr el funcionamiento efectivo;
- Facilidad de incorporar el avance tecnológico actual: esto se refiere a la posibilidad de acceder a chips especializados para “redes neuronales” a fin de mejorar sus capacidades para determinadas tareas. Esto facilitará la integración del módulo en los sistemas existentes. (Matich, 2001)

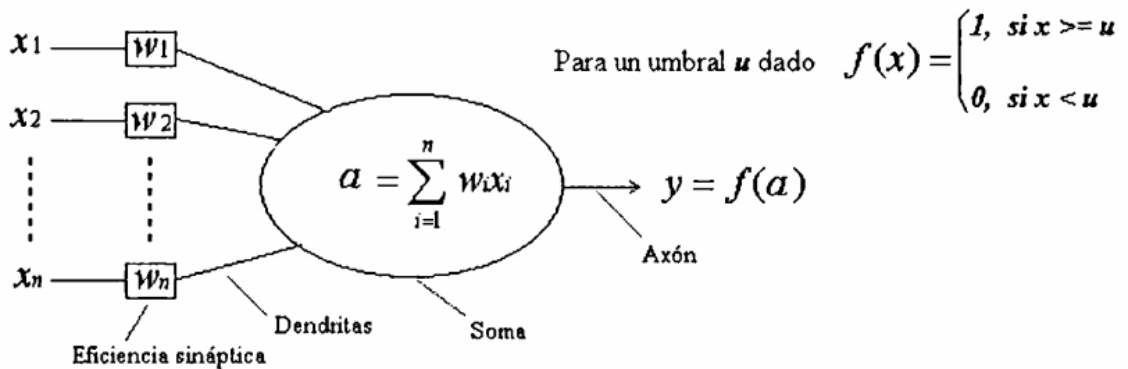
Las redes neuronales consisten “en un conjunto de unidades PE elementales conectadas de cierta manera”. Las redes neuronales artificiales (ANN) no solo están interesadas en el modelo de elementos PE, sino también en las formas en que estos elementos del procesador están interconectados. Los elementos de educación física generalmente se organizan en grupo llamados niveles o categorías., Una de las formas típicas de la red consta de un conjunto de capas seriadas las que están conectadas de forma sucesiva a las capas adyacentes. (Basogain, 2019)

### **Neurona Artificial**

Warren McCulloch y Walter Pitts en 1943 realizaron observaciones biológicas, presentando el “primer modelo de una neurona artificial”. Freeman y Skapura(1993) sostienen que son “elementos individuales de cálculo que forman la mayoría de los modelos de RNA no suelen denominarse neuronas artificiales, lo más frecuente es

darles el nombre de nodos, unidades o elemento de procesamiento o PE por sus siglas en inglés” (Freeman & Skapura, 1993)

Figura 1 Neurona artificial



Nota: la figura sistematiza el “modelo de neurona artificial de McCulloch y Pitts”, modelo básico de una neurona artificial, los valores de entradas, sus pesos y su interacción. Tomado de *Las Redes Neuronales Artificiales – Fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*, Flores y Fernández, 2008, Netbiblo

Como se puede observar en la figura 1, una red neuronal artificial tiene un número limitado de conexiones de ingreso denominado “n”, correspondientes a las “dendritas” para el “modelo biológico”, por medio de las que se ingresa los “n” elementos que son parte de la información o “vector” de acceso. Cada una de estas conexiones de ingreso integra una intensidad a la que se le conoce como magnitud o peso-eficiencia sináptica, los que son determinadas por los elementos del vector de peso.

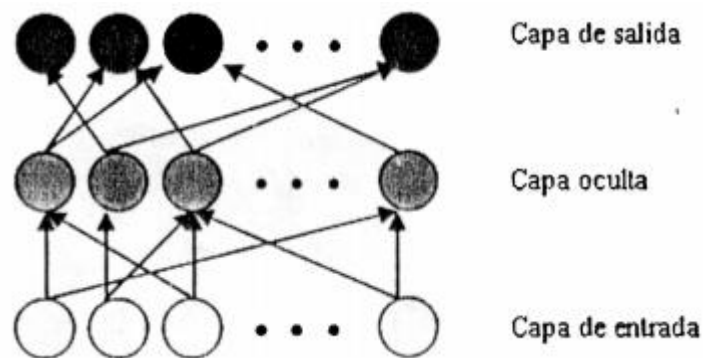
La neurona acumulada es el resultado de cada una de las “señales de entradas multiplicadas por sus pesos de conexión” esta operación permite determinar el costo de obteniendo el costo de activación, a esta se le aplica cierta funcionalidad denominada de transferencia, en esta situación la funcional es el umbral para lograr la obtención la salida del elemento procesado (PE). Igualmente, la neurona biológica, dispone de varias entradas, se distingue por salida exclusiva, la misma que se replicaría, logrando y permitiéndole de esta forma enlazarse con varios otros PEs.

Una neurona en este modelo descrito, es un componente binario, que es el momento en el que se establece la salida que pertenece al grupo (0.1), de tal manera que admite la posibilidad de utilizar la “lógica proposicional” con la que se explica las acciones de determinadas redes formales, por efectos de la convención de las neuronas.

### Arquitectura de una red neuronal artificial

La estructura de las redes feedforward, son similares a lo que se sistematiza en la figura 2. Se observa que estas redes se dividen en capas, un conjunto de nodos que se ubican en un mismo nivel según a sus conexiones, (Flores & Frenández, 2008)

Figura 2 Estructura de la red neuronal artificial de disposición de las capas de nodos



Nota. En la figura se representa la ubicación de las capas, así como de los nodos que integran la “red neurona artificial,” se observa los enlaces entre neuronas de distintas capas.

La estructura de las capas de la “red neuronal” es como describe Flores & Frenández, (2008):

Capa de entrada: Conjunto de nodos cuya función es únicamente recibir la información de entrada a la red. Por ejemplo, si una red debe responder el resultado de la aplicación de un operador lógico a dos operandos, es de esperar que esta red disponga de dos nodos de entrada;

Capa de salida: Consiste en los nodos de los cuales se obtiene la respuesta que la red genera. Siguiendo con la idea del operador lógico de aridad 2,

seguramente la red tendrá una única neurona de salida, la cual al activarse se interpreta como un valor y al no activarse como otro. También puede tener dos y activar uno u otro dependiendo del valor resultante;

Capa oculta: En esta capa se sitúan nodos que reciben conexiones de las entradas y se conectan hacia las salidas. Se puede aplicar esta noción para intercalar capas ocultas y así formar una red que posea más de una. Se podría decir que la capacidad de la red se encuentra codificada en esta capa basándose en su topología y valor de los pesos de conexión. La o las capas ocultas reciben la información de entrada y mediante la evaluación de la misma -más adelante veremos en que consiste esta evaluación- emiten un resultado hacia las neuronas de salida (Flores & Frenández, 2008)

### **Modo de operaciones**

Al tratarse al modo de operaciones, al referir al “modo de operación”, se dice que referimos al modo que la RNA, se alimenta y procesa los estímulos del exterior y al mismo tiempo genera la respuesta de salida. La RNA puede se le considera que pertenece a una de dos grandes categorías, según Flores & Frenández, /2008):

Redes estáticas. En este tipo de red una vez establecido el valor de las entradas las salidas alcanzan un valor estacionario independientemente de las entradas en el instante anterior, y en un tiempo siempre por debajo de una determinada cota. Estas redes se pueden caracterizar estructuralmente por la inexistencia de bucles de realimentación y de elementos de retardo entre los distintos PE que las forman. Debido a su modo de funcionamiento, estas redes tienen una capacidad limitada para sintetizar funciones dependientes del tiempo en comparación con las que detallaremos en el siguiente punto. (Flores & Frenández, 2008)

### **Entrenamiento de las redes neuronales artificiales**

Según Bosogain(2019) sobre el entrenamiento de la red ANN tiene como objetivo lo siguiente:

Conseguir que una aplicación determinada, para un conjunto de entradas produzca el conjunto de salidas deseadas o mínimamente consistentes. El

proceso de entrenamiento consiste en la aplicación secuencial de diferentes conjuntos o vectores de entrada para que se ajusten los pesos de las interconexiones según un procedimiento predeterminado. Durante la sesión de entrenamiento los pesos convergen gradualmente hacia los valores que hacen que cada entrada produzca el vector de salida deseado. (Basogain, 2019)

Los algoritmos de entrenamiento o los procedimientos de ajuste de los valores de las conexiones de las ANN se pueden clasificar en dos grupos: Supervisado y No Supervisado, y que, como *entrenamiento supervisado*, Bosogain (2019) sostiene que estos algoritmos requieren el emparejamiento de cada vector de entrada con su correspondiente vector de salida. El entrenamiento consiste en presentar un vector de entrada a la red, calcular la salida de la red, compararla con la salida deseada, y el error o diferencia resultante se utiliza para realimentar la red y cambiar los pesos de acuerdo con un algoritmo que tiende a minimizar el error. Las parejas de vectores del conjunto de entrenamiento se aplican secuencialmente y de forma cíclica. Se calcula el error y el ajuste de los pesos por cada pareja hasta que el error para el conjunto de entrenamiento entero sea un valor pequeño y aceptable. (Basogain, 2019)

## 2.2 Marco Conceptual

Para fundamentar epistemológicamente lo que son las redes neuronales artificiales, se considera los conceptos del libro “Modelización matemática: Principios y Aplicaciones” (Cervantes, 2015) y “Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones (Matich, 2001):

Pronóstico: el pronóstico es una estimación del comportamiento de cambiantes estadísticas en eventos futuros.;

Variable dependiente: variable objeto del análisis y que sus resultados se pretenden describir mediante las cambiantes llamadas independientes;

Variable libre: variable que no es empleada para llevar a cabo un modelo que describa la conducta de una o más cambiantes de contestación (variable dependiente);



Modelo matemático: es la representación simplificada de la realidad, mediante el uso de funciones que describen su comportamiento, o de ecuaciones que representan sus relaciones;

Red neuronal: es un modelo simple que simula cómo el cerebro humano procesa la información;

Redes neuronales artificiales: son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico;

### **2.3 Marco referencial**

Los trabajos de investigación que son el soporte de referencia del presente trabajo investigativos, ya sea de una u otra manera se relacionan con este tema y son fuente de aportes interesantes tanto metodológicos como de resultados son;

Llunitasig (2021) en su investigación cuyo título es, “simulación de pronósticos de ventas en la empresa IMPACTEX mediante redes neuronales”, ejecuta una simulación del pronóstico de venta utilizando Redes Neuronales Artificiales. Para ello usa el software libre Python, y además un histórico de datos de ventas de los años 2008-2019. Realizó un análisis ABC con la finalidad de determinar los productos con mayor demanda. La integración de cada “red neuronal” se logró “de variar los parámetros de época”, número de capas de la red neuronal y número de neuronas (Llunitasig, 2021)

Para Benites (2021), el pronóstico en su trabajo es la “Implementación de un sistema de pronósticos de ventas utilizando redes neuronales artificiales para la empresa cerámicos LAMBAYEQUE SAC” desarrollo ensayos de funcionamiento del “sistema de pronóstico de ventas” así como determinando la consecuencia de estas, donde se concluye que la comercialización mensual diaria planificada usando la “red neurona” con una “ratio de aprendizaje de 0,01” fluctúe en los parámetros de la comercialización diaria mensual, lo que significa un pronóstico rentable. Con el fin de mejorar las estrategias de elecciones de ventas o analizar las tácticas que las compañías han desarrollado para las ventas. (Benites, 2021)

Según, Bajaña (2019) en su trabajo de investigación “Pronóstico de producción hidroeléctrica del Ecuador usando redes neuronales”, ejecuta la predicción de la producción hidroeléctrica del Ecuador del año 2015 usando “redes neuronales artificiales”. En este proceso de predicción acudió a los registros de datos históricos del lapso comprendido entre 2000 y 2015, utilizando el último para el respectivo estudio de predicción, el cual es evaluado con medidas de rendimiento y lo compara con el modelo serie de tiempo ARIMA. Aplicó la normalización de datos de forma escalonada de máximos y mínimos, con el propósito de la mejora de un conjunto de ensayos y pruebas en las neuronas: ensayasen la se aplicó para las entradas en la neurona el aprendizaje supervisado en las neuronas, basadas con la “función de activación sigmoide y la regla se aprendizaje de descensos degradado” (Bajaña, 2019)

Para Zapata (2019) en su proyecto de investigación denominado “Aplicación de las redes neuronales para determinar los pronósticos mensuales de la inflación para el año 2018” proyecto se fijó como objetivo, el diseño del modelo de la red neuronal”, el mismo que se logró con la asistencia del sistema “matemático, MATLAB” y de los sistemas de análisis de datos “SPSS y EVIEWS”; estos sistemas mencionados fueron utilizados, el preprocesamiento de los datos que fueros establecidos para la investigación de la “no estacionariedad de la serie y de su transformación a serie estacionaria”, aspecto fundamental que incrementa la velocidad o rapidez de “convergencia del algoritmo de entrenamiento de la red”. En este entorno, aparecen las redes neuronales inspiradas en los sistemas biológicos para solucionar varios inconvenientes, más que nada en aquellos que los métodos clásicos genera ciertos problemas, al ser estos sistemas considerablemente no lineales. “Uno de estos problemas en donde estas herramientas están demostrando gran desempeño, es la estimación de funciones, sobre todo para la realización de pronósticos” (Zapat, 2019)

Así también, González (2018) en su trabajo de investigación “Utilidad del método de redes neuronales artificiales para el pronóstico de demanda en marcas de consumo masivo”, plantea una comparación entre los distintos tipos de modelos de pronósticos usados comúnmente por las empresas del sector, como son: cuota del “mercado, regresión lineal, suavización exponencial triple, promedios móviles”, con la utilización de las redes neuronales artificiales. Expone la utilidad del procedimiento por Redes Neuronales para predecir la demanda de marcas de productos de uso

masivo, al equiparar sus resultados por medio de la “estimación de sus errores cuadráticos” resultados obtenidos por medio de procedimientos clásicos. (González, 2018)

Malaver (2015) en su trabajo “Aplicación de redes neuronales para determinar el pronóstico de las ventas en la empresa CATERING & BUFFETS MyS ubicada en la ciudad de Piura”, instituye un pronóstico de ventas, para ello “el tipo de red neuronal que se escogió fueron las redes neuronales multicapas”, pues, esta esconde en la que se realiza todo el proceso de la información que la “capa de acceso le suministra”, que los resultados son enviados a “la capa de salida”. En este trabajo fueron realizado 3 distintas “configuraciones de red neuronal”, con el afán de determinar “el más mínimo error”, estimando que la tercera red neuronal formulada, es altamente eficaz ya que expone como resultado el más bajo error en un porcentaje de 1%; red con la que se revisó la premisa planteada. Lo descrito anteriormente llevó a la conclusión de este trabajo investigativo, la verificación que, para realizar pronósticos de ventas, las redes multicapas son las más eficaces, además que la “red neuronal” es una de la herramienta que se acerca a una precisión para esta clase de aplicaciones. (Malave, 2015)

Por otro lado, Jiménez y Quijano (2015) en su trabajo de investigación “Diseño de un sistema de pronósticos en redes neuronales artificiales para la demanda de acumuladores de plomo en una empresa del sector de autopartes” plantea la utilización de “redes neuronales artificiales” como alternativa al método tradicional de pronóstico que usa la empresa que son: “promedio móvil, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble”. La investigación la desarrolla en una pequeña empresa. Trabajó con perceptrón multicapa entrenado por medio del “algoritmo de backpropagation y simulado en el MATLAB R2014a, como variable de la demanda de 5 años”. Se concluye que las “redes neuronales artificiales” conforman un óptimo procedimiento para la estimación de las ventas. (Jiménez & Quijano, 2015)

Según lo que sostiene Rosas (2014) en su trabajo de investigación “Diseño de un sistema de pronóstico de la demanda de nitrógeno y oxígeno para la compañía CRYOGAS, S.A. basado en Redes neuronales”, plantea la necesidad de la empresa por optimizar sus precios de producción, ofertar un servicio óptimo al comprador, así también maximizar la producción de los productos. Compara los procedimientos

clásicos de pronósticos usado por la compañía con el planteado, de forma que expone mejorar los precios productivos, a través de la mejora energética en el proceso de producción. El trabajo investigativo partió por identificar los aspectos relacionada con la demanda de productos que presentan alta afectaciones, para proceder la cuantificación de los mismos, ello facilitará la determinación de entradas en los variados modelos existen de red neuronales. Como conclusión se determina que los resultados generados contribuyen a la mejora de los procesos que impactan favorablemente en la rentabilidad de la empresa. (Rosas, 2014)

Gil & Rodríguez (2010) en su trabajo de investigación “Sistema de pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos basado en redes neuronales”. recomienda la utilización de una “red neuronal (Perceptrón multicapa) para el pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos, la cual realizará su fase de aprendizaje con el algoritmo backpropagation que brinda una tasa de error de 3.57% en el mejor caso encontrado”; la utilización se realizará en base al sistema MATLAB, para el diseño de la “red neuronal y del lenguaje JAVA “, útil para la formulación del de la “interfaz gráfica” del cliente. La supervivencia en los negocios enormemente competitivos actual necesita una perspectiva estricta de ventas para llevar a cabo los “planes de producción, inventario, distribución y compra” en las organizaciones. (Gil & Rodríguez, 2010)

Para Martí (2009) quien en el trabajo de investigación “Aplicación de redes neuronales artificiales para predicción de variables en ingeniería del riego: evapotranspiración de referencia y pérdidas de carga localizadas en emisores integrados”, para la estimación de merma de presión, generadas por el encajamiento de emisiones de riesgo situados en los laterales, en razón que no se ha realizado con “redes neuronales” propuso el modelo ANN. Este modelo propuesto para la estimación de pérdidas de cargas localizadas a diferencia de los modelos estadísticos, presente indicadores productividad relacionados a una serie de análisis de datos sin dependencia, esto le permitió “evaluar su potencial real de generalización”. Se presentan novedades en la que radican en tomar en cuenta la “humedad relativa y utilizar datos climáticos de estaciones auxiliares secundarias con índices de continentalidad semejantes a las estaciones de test. (Martí, 2009)

## CAPTULO III'

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo de investigación

El enfoque aplicado en esta investigación fue de la corriente cuantitativa, se caracterizó el análisis de los datos de la variable a través de un parámetro escalar. Esta corriente estadística llevó a la identificación del comportamiento y tendencia en la producción, elemento básico para las estimaciones y predicciones, verificar las relaciones y generalizar los resultados referentes a la planificación o pronóstico de producción. Se espera poder ayudar a mejorar los niveles de producción, con la finalidad de que la microempresa pueda tener una toma de decisiones más precisa.

El tipo de estudio se basa en el propósito del trabajo investigativo, para ello se utilizó la investigación aplicada la que permitió un conocimiento de la realidad referente a la planificación de la producción, datos con los que llevó a la formulación del modelo cuyo fin es el de mejorar el pronóstico en los procesos de producción.

Por el nivel de investigación se utilizó la investigación exploratoria, esta nos permitió una aproximación a la variable de investigación que es el modelo matemático de pronóstico, a través de la realización de análisis de datos previos, lo que además llevo a conocer aspectos de los conocimientos ya existentes sobre la modelación matemática.

La modalidad de estudio de fundamento en la investigación documental o bibliográfica y de campo: la investigación documental permitió fundamentar la investigación y base al conocimiento epistemológico de las variables de estudio La modalidad de campo facilito la recolección de los datos históricos de la producción en y el de comprender el estado situacional de la empresa.

#### 3.2 Diseño de la investigación

El diseño de estudio es de tipo longitudinal, se tomó datos de producción de los 2 años anteriores, relacionados con los niveles y volúmenes de producción y mercadeo de galletas de sal en presentación de 100\*67g; aspectos fundamentales para los datos de entrada en la construcción de modelo matemático, de pronóstico de producción de galletas de sal 100x67 gr., con el uso de redes neuronales. La

metodología usada en el estudio fue la no experimental en razón que no se realiza manipulación a las variables.

### 3.3 Población y muestra

La presente investigación tiene la característica de estudio de caso, la unidad de investigación es la empresa, lo que corresponde a la población.

### 3.4 Sistema de variables

#### 3.4.1 Variable dependiente

Producción. Corresponde al volumen de producción (cantidad de producción real) CPR en Kg, la información de esta variable se consideró de los datos registrados y proporcionados por la empresa. Corresponde a datos reales en Kg de galletas de sal en presentación de 100x67 gr.

*Tabla 1. Parámetros de medida para la variable dependiente*

<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad de producción real</b>
Kilogramos	# de empaques de 100x67 gr.

Elaborado por: el autor de la investigación.

#### 3.4.2 Variables independiente

Modelo matemático de pronóstico: corresponde a la estructura del modelo de pronóstico o planificación prospectiva de la producción, corresponde a la cantidad de producción programada; para ello se considera parámetros como, demanda del mercado y la producción real, planificación del período, en base a cuatro variables:

- a) Cantidad de Producción Programada CPP (kg).

La Cantidad de Producción Programada, corresponde la cantidad de kg de producto de galleta de sal de presentación de 100x67 gr. que la empresa desea o espera producir, ese es el valor teórico, deseado o planificado.

*Tabla 2. Parámetros de valoración de la variable programación de producción programada,*

<b>Unidad de medida</b>	<b>Producción</b>
Kilogramos/hora	Producción/ horas planificadas

Elaborado por: el autor de la investigación.

b) Horas Laborales Planificadas HLP (hr).

Las horas laborales planificadas corresponden a las horas planificadas o teóricas que las personas tienen que trabajar durante la semana para poder cumplir con la producción, es lo que se cree que se puede hacer sin tener en cuenta los imprevistos para cumplir con los objetivos. A esto las empresas las conocen o las llaman las horas-hombre.

*Tabla 3 Parámetros para la valoración de la variable horas laborables planificadas*

<b>Unidad de medida</b>	<b>Horas Laborales Planificadas</b>
<b>Horas</b>	Número de horas laboradas

Elaborado por: el autor de la investigación.

c) Paradas No Programadas PNP (hr).

Las Paradas No Programadas corresponden al tiempo que se pierde porque la máquina no trabaja debido a una avería, algún desperfecto o daño, es decir la máquina entra en mantenimiento correctivo, y sale de la línea de producción. Este tiempo afecta la producción, por lo que su valor mientras más pequeño sea es mucho mejor.

*Tabla 4 Parámetros de valoración de la variable paradas no programadas*

<b>Unidad de medida</b>	<b>Paradas No Programadas</b>
Horas	Hora de paradas no planificadas realizadas

Elaborado por: el autor de la investigación.

### **3.5 Métodos, técnicas, sistema para análisis de datos**

#### **3.5.1 Métodos de pronósticos**

El método utilizado fue el “Método general de diseño de pronóstico.”

*Tabla 5 Pasos del método general del pronóstico*

<b>Ítem</b>	<b>Pasos</b>	<b>Descripción</b>
1	Identificar el horizonte temporal	Corto, mediano y largo plazo
2	Observar los hechos	Identificar las variables a predecir y sus dependencias
3	Seleccionar una técnica	Seleccionar la técnica que más se ajusta al tipo de problema presentado
4	Aplicar técnicas seleccionada	Implementar el pronóstico con la técnica seleccionada

Elaborado por: el autor de la investigación.

#### **3.5.2 Técnica**

La técnica utilizada fue “Redes Neuronales artificiales”

#### **3.5.3 Herramienta**

Software IBM SPSS Statistics Versión 24



### **3.5.4 Fuente**

Los datos históricos reales, registrados y proporcionados por la microempresa, son los que contribuyeron a la realización del presente trabajo.

### **3.6 Metodología**

El desarrollo del presente trabajo investigativo se utilizó la metodología presentada por Kaastra y Boyd (1996), utilizada para el diseño de pronóstico usando redes neuronales artificiales (Kaastr & Boyd, 1996), Esta metodología está compuesta por ocho pasos según:

1. Determinación de la variable
2. Toma de datos
3. Preprocesamiento de datos
4. Definición de datos de “entrenamiento, validación y prueba “
  - 4.1 Datos de entrenamiento.
  - 4.2 Datos de validación
  - 4.3 Datos de prueba
5. Arquitectura
  - 5.1 Determinación de neuronas de entrada
  - 5.2 Determinación de capas ocultas
  - 5.3 Determinación de neuronas en las capas ocultas
  - 5.4 Determinación de las neuronas en las capas de salida
  - 5.5 Puesto de transferencia
6. Criterio de evaluación
7. Inducción de la utilización de la red neuronal
8. Implementación del modelo de redes neuronales artificiales (Kaastr & Boyd, 1996).

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA**

#### **4.1. Selección de la variable**

Establecer las variables de entrada importantes para el pronóstico es vital para el modelo. Para el presente caso, con el afán de establecer la estimación de producción, se determina las entradas considerando aspectos técnicos, en vez de fundamentos epistemológicos, esto por las propias características mismas de la investigación.

- Variable a estimar, volumen de producción real de demanda de galletas de sal de presentación de 100x67 gr.
- Tipo de Variable. Cuantitativa.
- Unidad de medida: gramo [gr].

#### **4.2. Toma de datos**

Los datos utilizados en la presente investigación fueron proporcionados por la empresa, son los registros semanales de los volúmenes de producción planificada, que corresponde al período enero\*diciembre 2021, en un total de 52 semanas; horas laborales planificadas, paras no programadas, y cantidad de producción real. Por lo tanto, los datos temporales de la producción de galletas de presentación 100x67 gr. Se debe recalcar que no todas las semanas la empresa producía el producto por lo que se tiene datos de 36 semanas.

Los datos fueron ordenados y clasificados, en el sistema Excel, de forma tal que fuera fácil su exportación hasta el software seleccionado para el diseño de la implementación de la red neuronal. El software seleccionado para la aplicación de la red neuronal artificial es el SPSS.

#### **4.3. Preprocesamiento de datos**

El preprocesamiento de datos se refiere al hecho de analizar la información que va a ser como variable de entrada y de salida para la red neuronal artificial, se debe de tener en cuenta que no existan valores atípicos que puedan influenciar de forma negativa en el “entrenamiento de la red neuronal”. Se debe de recordar que la “red

neuronal artificial” en su entrenamiento, buscará patrones para lograr su entrenamiento.

En el presente trabajo, no fue necesaria la etapa de preprocesamiento de datos dado que los datos utilizados estaban libres de ruido.

#### **4.4. Tareas de entrenamiento, validación y prueba**

##### **A1. Datos de entrenamiento**

Corresponde a aquellos datos que son utilizados para que la “red neuronal artificial aprenda los estándares que caracterizan los datos, característica con que la red deberá obtener valores de los pesos sinápticos. Esto se muestra en la tabla 7; en este trabajo de utilizaron 24 datos, lo que corresponde al 66,7% de los datos totales.

##### **A2. Datos de validación o prueba**

Este grupo de datos serán utilizados para evaluar o validar los hiperparámetros de nuestro modelo, aquí se ajustan los hiperparámetros; ejemplo: la tasa de aprendizaje, número de capas, número de neurona por capas. Para el desarrollo de este apartado, se consideró 8 datos, los mismos que representa el 22,2% de los datos totales registrados.

##### **A3. Datos de prueba o reserva o test.**

Este conjunto de datos sirve para evaluar la generalización del modelo de aprendizaje; es decir queremos saber que tan bien funciona nuestro modelo con datos que nunca ha visto o utilizado, es decir, resulta una evaluación independiente que ayuda a entender que tan bien puede funcionar nuestro modelo en la vida real, Para el desarrollo de este apartado, se consideró 4 datos, los mismos que representa el 11,1% de los datos totales registrados.

Tabla 6 Resumen del procedimiento del caso

	N	Porcentaje
Muestra		
Entrenamiento	24	66,7%
Pruebas	8	22,2%
Reserva	4	11,1%
Válido	36	100,0%
Excluido	0	
Total	36	

Elaborado: por: autor de la investigación

#### 4.5. Arquitectura de la red neuronal

La arquitectura de la red neuronal hace mención a la cantidad de “capas neuronales”, la cantidad de “neuronas” que conforman cada una de las capas, tipo de conexión entre neuronas o capas, al tipo de neuronas presente, así también la manera que se deben entrenar.

Para la presente investigación se trabajó con una red neuronal de tipo "feed forward", la cual está organizada en capas, en las que la totalidad de las “neuronas de la capa” se conectan con la totalidad de las neuronas con la capa posterior; por lo que la información generada es trasladada. La información es pasada de la capa de entrada hasta la capa de salida, y para la realización del entrenamiento de la red se utilizó el algoritmo de back-propagation.

##### B.1. Neuronas en la capa de entrada

Corresponde a las variables utilizadas en la planificación de la producción: cantidad de producción planificada, horas laborales planificadas, paras no programadas; por lo tanto, tenemos 3 neuronas de entrada, además como se puede observar en la tabla 7 son: CPP, HLP, PNP.

##### B.2. Capas ocultas.

Las capas ocultas en una red neuronal artificial contienen unidades no observables como neuronas, pesos de ponderación. Los valores que toman estas unidades ocultas dependen del tipo de función de transferencia que se utilice; la manera precisa de esta función de esta función está determinada en elemento por el

tipo de red. Se debe anota que en “perceptores multicapa pueden tener una o dos capas ocultas”.

Para el presente trabajo de investigación como se puede observar en la tabla 7, se ha decidido por una sola capa oculta, dado que para este tipo de caso resulta ser suficiente para lograr una buena generalización de la red neuronal artificial.

### **B.3. Neuronas ocultas.**

Para el presente trabajo se dejó de forma automática que el software calcule el número de neuronas; esta opción permite que se construya “una red con una capa oculta” y que se calcule la "mejor" cantidad de neuronas que debe integra la “capa oculta”. Como se puede observar en la tabla 7, el número de neuronas en la capa oculta determinas por el software es de 2.

### **B.4. Neuronas de salida.**

El número de neuronas de la capa de salida está determinado por el número de variables dependiente del modelo o por lo que se quiere predecir. Para el presente trabajo como se muestra en la tabla 7, se tiene una sola “neurona en la capa de salida”, que corresponde a la cantidad de producción real que se debe de producir de galletas de sal de presentación de 100x67 gr.

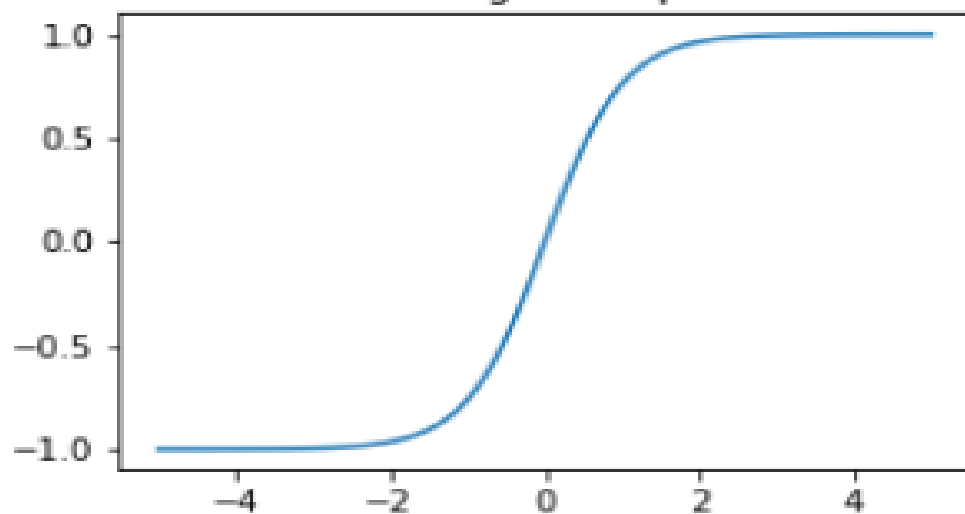
### **B.5. Función de activación.**

Se puede decir que la función de activación es la encargada de devolver un valor de “salida a partir de un valor de entrada, generalmente el conjunto de valores de salida está en un rango determinado como  $(0,1)$  o  $(-1,1)$ ”. Estas se trabajan con funciones en las que los derivados son simples, de forma tal que se minimice el coste computacional. Se usará una función de activación no lineal; dado que está permite un acotamiento de los datos de salida.

## B.6. Función de activación en la capa oculta

Para el presente trabajo como se muestra la “función de activación” utilizada en la “capa oculta” fue la tangente hiperbólica. Esta tangente hiperbólica es utilizada para transformar los valores de la capa de entrada a una escala de  $(-1,1)$ , los valores altos tienden de manera asintótica a 1 y los valores muy bajos tienden de manera asintótica a  $-1$ ”.

*Figura 3 Función tangencial hiperbólica*

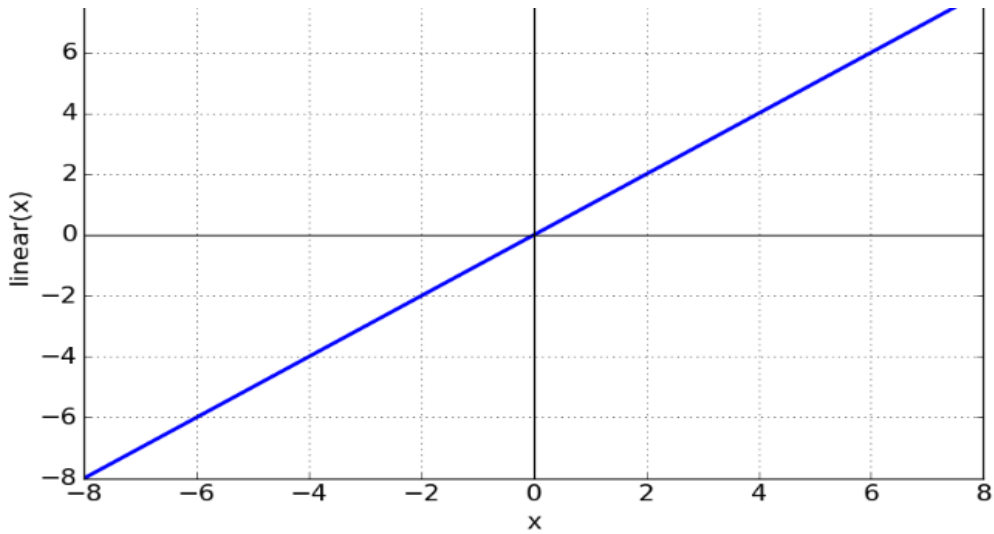


Elaborado por: autor de la investigación

## B.7. Función de activación en la capa de salida

Para el presente trabajo como se muestra en la función de activación que se usó en la “capa de salida” fue la identidad. La “función de identidad”, permite determinar que la variable dependiente tiene una relación directa y proporcional con la variable independiente.

Figura 4 Función lineal o identidad

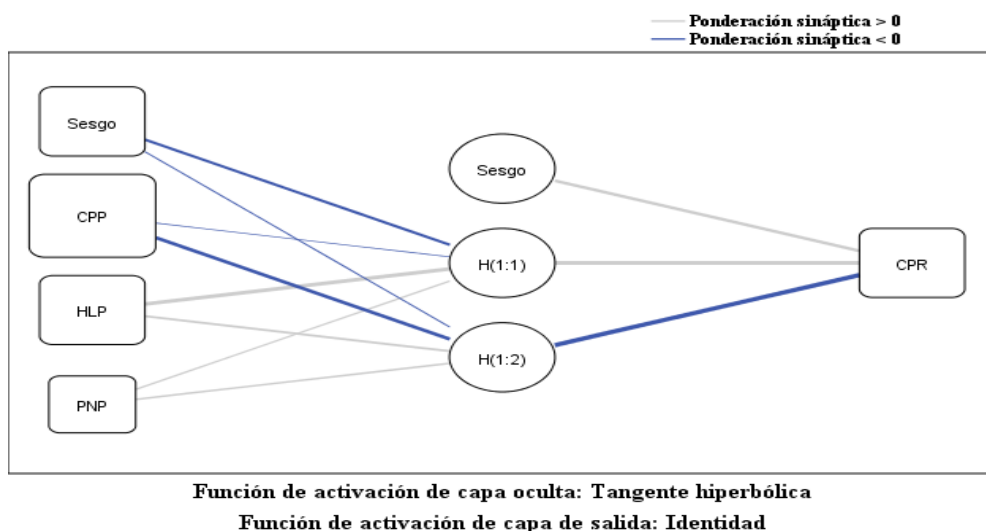


Elaborado por: autor de la investigación

#### 4.6. Topología de la red

La topología de la red neuronal artificial es la “organización y disposición de las neuronas formando capas. Los parámetros fundamentales de la red son: número de capas, número de neuronas por capa, grado de conectividad y tipo de conexión entre neuronas”.

Figura 5 Topología de red



Elaborado por: autor de la investigación

En la figura se describe el diagrama o topología de la red neuronal utilizada, se indica que la función de activación en la capa oculta es la tangente hiperbólica, y la función de activación en la capa de salida es la Identidad.

*Tabla 7 Información de red*

Capa de entrada	Covariables	1	CPP
		2	HLP
		3	PNP
	Número de unidades <sup>a</sup>		3
	Método de cambio de escala para las covariables		Estandarizados
Capas ocultas	Número de capas ocultas		1
	Número de unidades en la capa oculta 1 <sup>a</sup>		2
	Función de activación		Tangente hiperbólica
Capa de salida	Variables dependientes	1	CPR
	Número de unidades		1
	Método de cambio de escala para las dependientes de escala		Estandarizados
	Función de activación		Identidad
	Función de error		Suma de cuadrados
a. Se excluye la unidad de sesgo			

Elaborado por: autor de la investigación

#### 4.7. Criterios de evaluación

El criterio utilizado para medir la eficiencia de la red, es la suma de cuadrado de los errores o residuos SCE, este tipo de función de error lo que hace es calcular “la suma de los errores al cuadrado de la función de predicción”. Otro criterio utilizado es el error relativo, este se calcula dividiendo el error absoluto entre el valor exacto:

Como se puede observar en la tabla 8, en la etapa de entrenamiento de la red la suma de cuadrado de los errores es de 0,388; en la en la etapa de pruebas de la red la suma de cuadrado de los errores es de 0,096.

Como se puede observar en la tabla 8,” en la etapa de entrenamiento de la red el error relativo” es 0,034; en la en la etapa de pruebas de la red el error relativo es de



0,070. También se observar en la tabla 8, en la etapa de reserva de la red el error relativo es de 0,121.

#### 4.8. Entrenamiento de la red neuronal

##### Tipo de entrenamiento.

Para el presente trabajo se utilizó por lote.

El entrenamiento por Lote se lo utiliza dado que la cantidad de datos es relativamente pequeña, se utiliza este porque minimiza directamente el error total; además actualiza las ponderaciones de los pesos sinápticos “sólo tras pasar todos los registros de datos de entrenamiento”; por lo tanto, se puede decir que, el entrenamiento por lotes utiliza la información de todos los registros del conjunto de datos de entrenamiento.

##### Algoritmo de optimización.

Corresponde el método que se aplica para encontrar las ponderaciones de los pesos sinápticos. Para el presente trabajo de investigación se utilizó el Gradiente conjugado escalado; los supuestos que justifican el uso de este método se aplican únicamente a los tipos de entrenamiento por lotes

Tabla 8 Resumen del modelo

Entrenamiento	Error de suma de cuadrados	0,388
	Error relativo	0,034
	Regla de parada utilizada	1 paso(s) consecutivo(s) sin disminución del <u>error<sup>a</sup></u>
	Tiempo de entrenamiento	0:00:00,00
Pruebas	Error de suma de cuadrados	0,096
	Error relativo	0,070
Reserva	Error relativo	0,121
Variable dependiente: CPR		
a. Los cálculos de error se basan en la muestra de comprobación.		

Elaborado por: autor de la investigación

#### 4.9. Ponderaciones sinápticas.

La ponderación o pesos sinápticos, estas muestran la magnitud de interacción entre “cada neurona presináptica y la neurona postsináptica”, lo que se manifiesta

describe las estimaciones “de coeficiente que muestran la relación entre las unidades de una capa determinada con las unidades de la capa siguiente”. Estas estimaciones de la ponderación se basan en los valores que arrojó la muestra de la prueba de entrenamiento, inclusive si todos los datos activos activo, estos datos se dividen valores de “entrenamiento, comprobación y reservados”.

*Tabla 9 Estimaciones de parámetros*

Predictor		Pronosticado		Capa de salida CPR
		Capa oculta 1		
		H(1:1)	H(1:2)	
Capa de entrada	(Sesgo)	-0,208	-0,026	
	CPP	-0,009	-0,460	
	HLP	0,534	0,205	
	PNP	0,089	0,090	
Capa oculta 1	(Sesgo)			0,234
	H(1:1)			1,458
	H(1:2)			-1,625

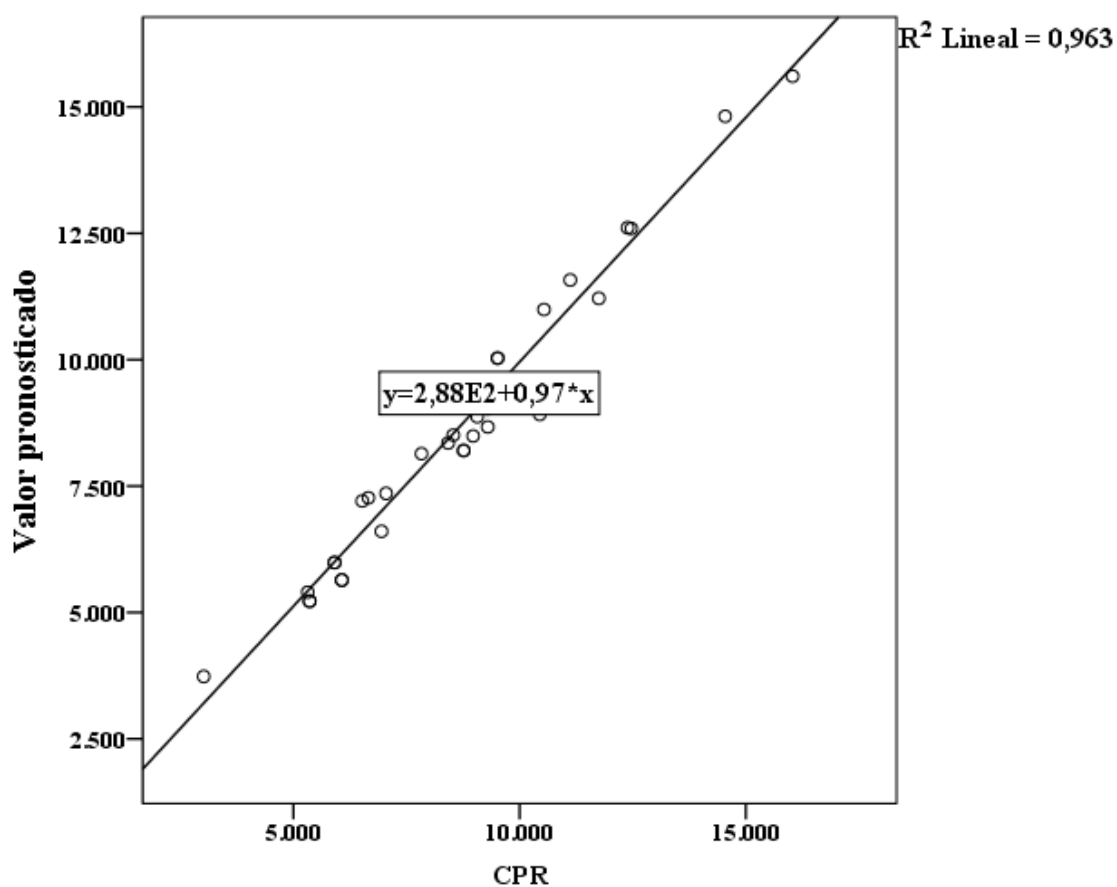
Elaborado por: autor de la investigación

En la tabla 9 se puede observar el resumen de los valores de los distintos pesos sinápticos, el valor de sesgo o vías de la capa de entrada a cada una de “las neuronas de la capa oculta”, el valor de los pesos sinápticos de cada una de las neuronas de la capa de entrada a las neuronas de la capa oculta; el sesgo o vías de la capa oculta a la capa de salida, el peso sináptico de cada una de las neuronas de la capa oculta a la capa de salida.

#### **4.10. Gráfico de pronosticados por observados**

Para objetivos continuos, se muestra un diagrama de dispersión en intervalos de los valores predichos en el eje vertical por los valores observados en el eje horizontal.

Figura 6 Pronóstico por observados



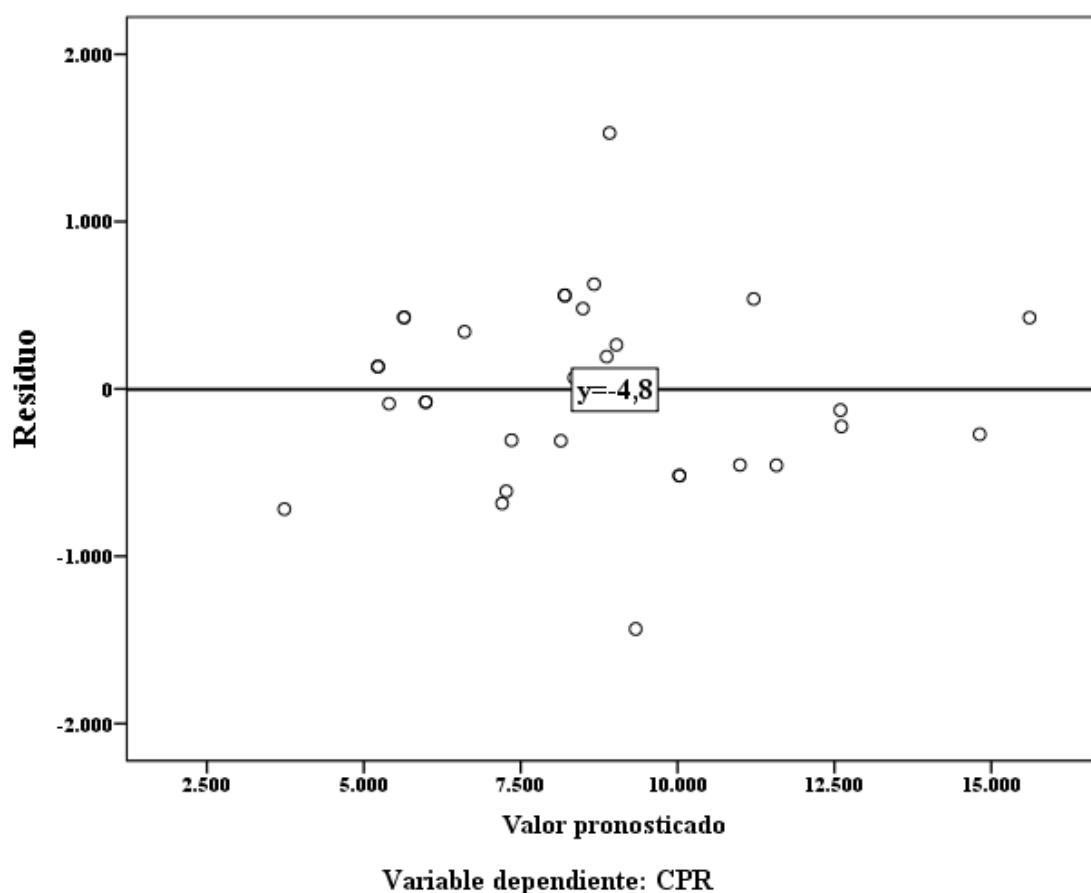
Elaborado por: autor de la investigación

En la figura, se observa que el “coeficiente de correlación es bastante elevado ( $R^2=0,963$ ) y muy cercano a 1, lo cual indica que existe una muy alta correlación entre los valores reales y los pronósticos”. Se puede observar la ecuación de la recta y los puntos o datos que están muy cerca o sobre la recta, con lo cual se demuestra de forma gráfica y matemática que existe una correlación entre los datos reales que son la cantidad de producción real y los valores pronosticados por la red neuronal.

#### 4.11. Gráfico de residuos por pronosticado

El gráfico de residuos por pronósticos se utilizó para “verificar el supuesto de que los residuos están distribuidos aleatoriamente y tienen una varianza constante”. Por lo tanto, lo ideal es que los puntos o datos se ubiquen aleatoriamente a ambos lados del 0, con patrones no detectables en los puntos.

Figura 7 Residuos por pronósticos



Elaborado por: autor de la investigación

En base al “examen de gráfico de residuos por pronosticado” la figura., muestra la comprobación que los puntos están distribuidos razonablemente bien por lo que se puede decir que no existe “relación sistemática entre los residuos y los valores pronosticados” de los valores de producto a producir.

#### 4.12. Importancia del predictor

Resulta “normal centrar los esfuerzos de modelado” en las variables independientes o campos predictores más importantes, con la finalidad de valorar la omisión de aquellos con menor relevancia o que aporten muy poco a la red.

La gráfica de importancia de las variables independientes o predictores ayuda a identificar de forma visual el grado relativo de importancia de cada uno de los predictores en la estimación del modelo. Estos valores de los predictores “son relativos, la suma de los valores de todos los predictores de la visualización es 1.0. La

importancia del predictor no está relacionada con la precisión del modelo”. Se determina que únicamente se relaciona “con la importancia de cada predictor a la hora de realizar una predicción, no con si la predicción es o no precisa”.

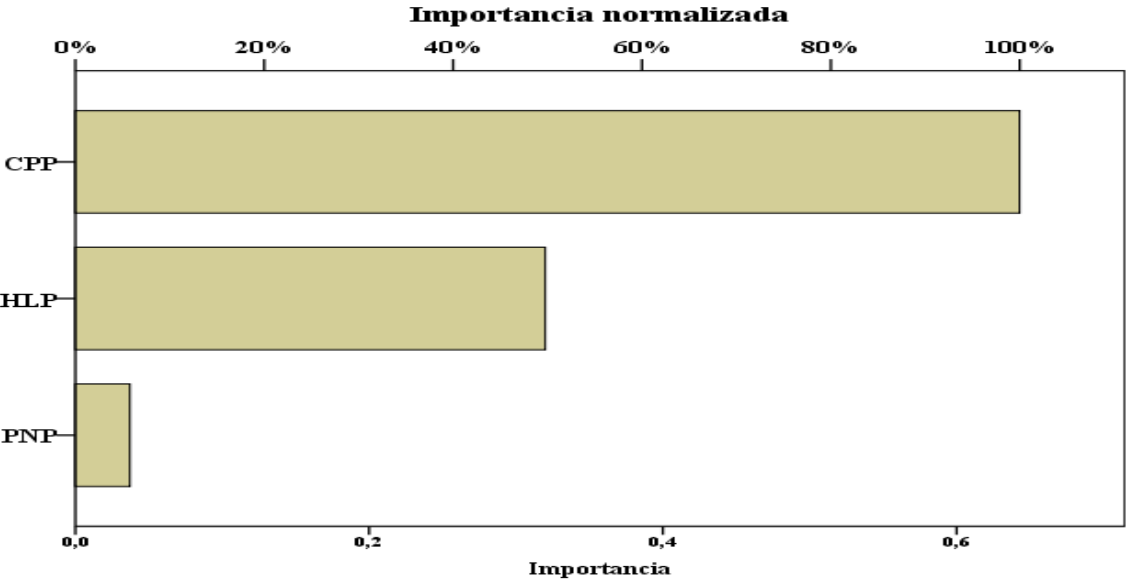
Tabla 10 Importancia de las variables independientes

	Importancia	Importancia normalizada
CPP	0,643	100,0%
HLP	0,320	49,7%
PNP	0,037	5,8%

Elaborado por: El autor.

La tabla muestra de forma numérica, la importancia de las variables independientes en el “modelo de la red neuronal artificial”.

Figura 8 Importancia de la variable independiente



Elaborado por: El autor

La figura muestra de manera gráfica la importancia de las variables independientes en el “modelo de la red neuronal artificial”, En el mismo sentido se observar tanto en la tabla como en la figura, la variable independiente que más aporta al modelo es la cantidad de producción programada, seguida de las horas laborales planificadas, y finalmente las paras no planificadas.

Dado que el aporte de las paras no programadas es muy poco se podría pensar en eliminarlas del modelo, pero se consideró incluirlas dado que para toda micro empresa debe ser importante un programa de mantenimiento preventivo que ayude a eliminar o reducir las paras no programadas.

#### 4.13. Validación de la red con datos de prueba

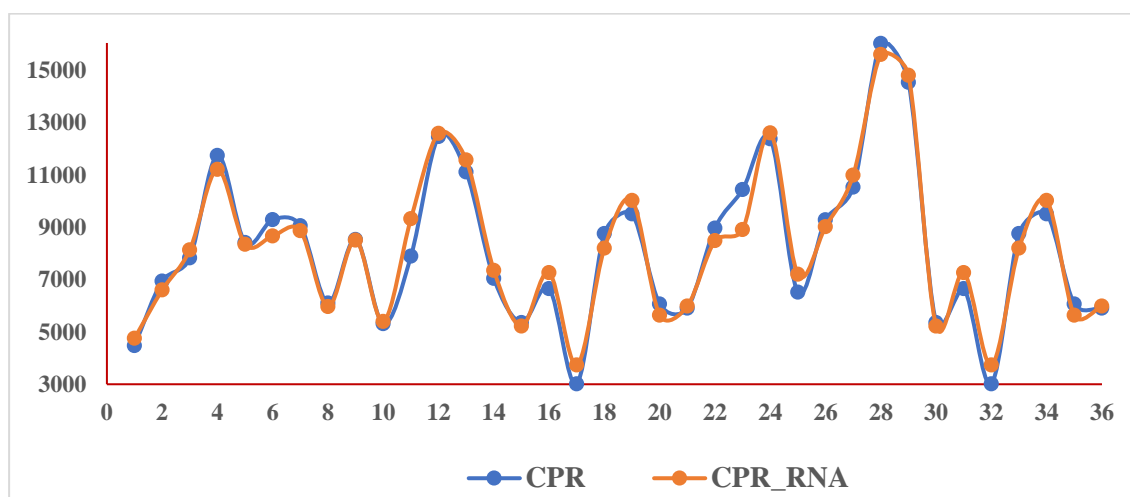
La evaluación de la “red neuronal” se la realiza al comparar los datos reales: la cantidad de producción real CPR con los datos arrojados por la red neuronal: cantidad de producción real dado por la red CPR\_RNA.

*Tabla 11 Cantidad de producción real (CPR) vs la Cantidad de producción real dado por la red neuronal CPR\_RNA.*

Ítem	CPR	CPR_RNA	Ítem	CPR	CPR_RNA
1	4477	4756,72	19	9512	10030,19
2	6946	6604,38	20	6069	5641,64
3	7829	8139,45	21	5909	5987,48
4	11751	11213,22	22	8971	8490,99
5	8419	8352,4	23	10445	8916,26
6	9296	8669,93	24	12387	12611,12
7	9063	8870,26	25	6520	7204,34
8	6108	5969,08	26	9289	9026,04
9	8535	8507,96	27	10538	10992,58
10	5314	5402,2	28	16034	15608,16
11	7898	9332,51	29	14544	14815,68
12	12468	12594,91	30	5358	5224,73
13	11119	11575,83	31	6657	7268,69
14	7048	7354,67	32	3016	3734,38
15	5358	5224,73	33	8761	8202,36
16	6657	7268,69	34	9512	10030,19
17	3016	3734,38	35	6069	5641,64
18	8761	8202,36	36	5909	5987,48

En la tabla, se registra y analizan 36 datos para la Cantidad de Producción real CPR y Cantidad de Producción Real dado por la red neuronal CPR\_RNA.

Figura 9 Comparación entre CPR\_RNA - CPR



Elaborado por: autor fe la investigación

En la figura se observa grafica el recorrido de la cantidad de producción real y la cantidad de producción de la red neuronal artificial, esto facilito la comparación visual de las cantidades reales obtenidos en los dos modelos, entre los valores de CPR y con la utilización generados con el modelo matemático que se propone el que es el de la “regresión multivariado” CPR\_RNA. Se observar que el modelo presenta una muy buena aproximación, un buen ajuste, por lo que se puede decir que el modelo sirve para predecir.

## CONCLUSIONES

- En la presente investigación permitió determinar puntualmente los factores que inciden en la producción de galleta de sal de presentación 100x67 gr.; en el presente caso de estudios fueron consideradas variables de entrada: cantidad de producción, la de entrada: cantidad de producción planificada, horas laborales planificada, paras no programadas; la variable de salida: cantidad de producción real.
- Se realizó un análisis acerca de la importancia de cada factor que incide en la producción de galleta de sal de presentación 100x67 gr., dentro del modelo de la red neuronal,” eso se muestra en la tabla 10, donde se puede observar que la variable de mayor incidencia es la cantidad de producción planificada.
- Se establecieron los procedimientos para la formulación del “modelo de red neuronal artificial” para la predicción de los valores, para ellos se debe tener en cuenta los valores de los pesos o estimaciones de parámetros mostrados en la tabla 9, teniendo en cuenta la función de activación tangente hiperbólica, el número de capas ocultas que es 1, el número de neuronas en la capa oculta que son 2, todo ello mostrado en la tabla 7 que es la Información de red.
- En la tabla 11 y la figura 9 se puede concluir que la red neuronal artificial es un muy buen aproximador para la predicción del pronóstico de producción de la microempresa, como se observa en la figura 6, pronósticos por observados, las redes neuronales artificiales permiten predecir la producción con una relación significativa  $R^2$  de 0,961.
- Las “Redes Neuronales Artificiales” como método eficaz manifiesta valor significativo, mostrando la viabilidad en la estimación que pueden que debe ser aplicado en la planificación en la alta gerencia que puede facilitar la toma de decisiones.



## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la microempresa la implementación de la red neuronal artificial formulado, en razón que es un insumo de alta valía para pronosticar la cantidad de producción de producto que se debe de realizar con base en los distintos factores que influencia el proceso, de esta forma el modelo servirá como una herramienta que contribuye a la mejora de productos y fortalecer la imagen de la empresa y su sostenibilidad en el mercado altamente competitivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bajaña, M. E. (2019). *Pronóstico de producción hidroeléctrica del Ecuador usando redes neuronales*. Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45756>
- Basogain, O. X. (2019). *Redes neuronales Artificiales y sus Aplicaciones*. España: Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. Obtenido de [https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod\\_resource/content/1/redes\\_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf](https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf)
- Benites, S. J. (2021). *Implementación de un sistema de pronósticos de ventas utilizando redes neuronales artificiales para la empresa cerámicos LAMBAYEQUE SAC*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8449/Benites%20Sernaqu%c3%a9%20Jos%c3%a9%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berkowitz, D. E. (1998). Industria Alimentaria. En *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (págs. 67-67.35). Madrid: Chantal Dufresne, BA. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+67.+Industria+alimentaria>
- Bocco, M. (2010). *funciones elementales para construir modelos matemáticos* (Primera ed.). Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Obtenido de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001843.pdf>
- Burgaentzle, J. F. (2016). *Pronósticos y modelos de inventarios en las industrias de alimentos: caso de estudio de una empresa láctea ecuatoriana*. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6226/1/128660.pdf>
- Cervantes, G. L. (2015). *Modelización matemática: Principios y aplicaciones* (Primera ed.). México: Benemerita Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de <https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/publicaciones/Modeliza.pdf>
- FAO, & CEPAL. (2020). *Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: FAO. doi:<https://doi.org/10.4060/ca8677es>
- Félix, T. B., López, P. M., & González, N. M. (2011). Determinación de necesidades, una propuesta para iniciar con la planeación estratégica en las organizaciones. *Revista El Buzón de Pacioli*(75), 1-29. Obtenido de [https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no75/63a.-\\_determinacion\\_de\\_necesidades\\_actimiex.pdf](https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no75/63a.-_determinacion_de_necesidades_actimiex.pdf)
- Flores, L. J., & Frenández, F. J. (2008). *Las redes neuronales artificiales fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*. Coruña: Nebiblo.
- Freeman, C. J., & Skapura, G. D. (1993). *Redes neuronales; algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación*. España: Addison-Wesley. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=372546>
- Gil, Z. E., & Rodríguez, C. E. (2010). *Sistema de pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos basado en redes neuronales*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/323350618.pdf>

- González, C. C. (2018). *Utilidad del método de redes neuronales artificiales para el pronóstico de demanda en marcas masivo*. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18098/Gonzalez%20Clavijo%20Carlos%20Andres%202018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Jiménez, C. L., & Quijano, E. A. (2015). *Diseño de un sistema de pronósticos en redes neuronales artificiales para la demanda de acumuladores de plomo en una empresa del sector de autopartes*. Universidad del Valle. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/18201/CB-0540513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kaastr, L., & Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. *Neurocomputing*, 10(3), 215-236. doi:[https://doi.org/10.1016/0925-2312\(95\)00039-9](https://doi.org/10.1016/0925-2312(95)00039-9)
- Llunitasig, G. M. (2021). *Simulación de pronósticos de ventas en la empresa IMPACTEX mediante redes neuronales*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33778/1/t1892mma.pdf>
- Malave, r. E. (2015). *Aplicación de redes neuronales para determinar el pronóstico de las ventas en la empresa CATERING & BUFFETS MyS ubicada en la ciudad de Piura*. Piura: Universidad César Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/164/malaver\\_em.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/164/malaver_em.pdf?sequence=1)
- Martí, P. P. (2009). *Aplicación de redes neuronales artificiales para predicción de variables en ingeniería del riego: evapotranspiración de referencia y pérdidas de carga localizadas en emisores integrados*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/64909/-MART%C3%8D%20-%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20redes%20neuronales%20artificiales%20para%20predicci%C3%B3n%20de%20variables%20en%20ingenier%C3%ADa%20de....pdf?sequence=1>
- Matich, D. J. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario: Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_anio/orientadora1/monograias/matich-redesneuronales.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograias/matich-redesneuronales.pdf)
- Montemayor Gallegos, J. E. (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*. México: Editorial digital. Obtenido de Un modelo matemático es una simple representación de la realidad, mediante el uso de funciones que describen su comportamiento o ecuaciones que representan sus relaciones. [3]
- Montemayor, G. J. (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*. México: Editorial digital. Obtenido de Un modelo matemático es una simple representación de la realidad, mediante el uso de funciones que describen su comportamiento o ecuaciones que representan sus relaciones. [3]
- Morales, T. Z., Cabrera, C. A., Vazquez, S. E., & Caballer, M. Y. (2016). MPREDSTOCK: Modelo multivariado de predicción del stock de piezas de repuesto para equipos médicos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(3), 88-104. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2227-18992016000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2227-18992016000300007)

- Moreno, C. T. (2019). *El pronóstico de ventas en los negocios: modelos y aplicaciones* (Primera ed.). Santiago de Chile: RIL editores. Obtenido de [https://repositorio.uautonoma.cl/bitstream/handle/20.500.12728/3192/Pronostico\\_de\\_ventas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uautonoma.cl/bitstream/handle/20.500.12728/3192/Pronostico_de_ventas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Narro, R. A. (1996). Aplicación de algunos modelos matemáticos a la toma de decisiones. *Política y Cultura*(6), 183-198. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/267/26700614.pdf>
- Rosas, o. D. (2014). *Diseño de un sistema de pronóstico de la demanda de nitrógeno y oxígeno para la compañía CRYOGAS, S.A. basado en redes neuronales*. Universidad EAFIT. Obtenido de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7386/DanielMauricio\\_RosasPabon\\_2014.pdf;jsessionid=A9439B650BF356CA8E3E9F523A1EF26A?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7386/DanielMauricio_RosasPabon_2014.pdf;jsessionid=A9439B650BF356CA8E3E9F523A1EF26A?sequence=2)
- Rubio, G. G. (2017). Perspectiva multivariante de los pronósticos en las PYMES industriales de Ibagué (Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 25(2), 25-40. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/909/90952679003.pdf>
- Valencia Cárdenas, M., González, L. D., & Cardona, R. J. (2014). Metodología de un modelo de optimización para el pronóstico y manejo de inventarios usando el metaheurístico Tabú. *Revista de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica*, 24(1), 13-27. Obtenido de [https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/13771/pdf\\_16](https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/13771/pdf_16)
- Zapat, L. J. (2019). *Aplicación de las redes neuronales para determinar los pronósticos mensuales de la inflación para el año 2018*. Piura: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2014/EST-ZAP-LAU-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>